In situ Machine Terre (vol.2)

Sismographe

PRÉSENTATION DE LA VIDÉO 2

Générique 2

In situ, mode d'emploi 4

CONTENUS 5

Disciplines, classes et programmes 5

Objectifs du film 5

Mots clés 5

Découpage du film 6

PRÉCISIONS 7

Sur la forme 7

Sur le fond 7

INTÉRÊTS PÉDAGOGIQUES 8

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES 9

Histoire et perspectives 9

Pour approfondir 11

À voir 11

Documentation 12

Index 13

In situ, Encyclopédie audiovisuelle des sciences et des techniques 16

SCÉRÉN [CNDP]

PRÉSENTATION DE LA VIDÉO

Générique

Auteurs : Christine Schaaf ; Jean-Louis Klein ; Marc Schwebel

Réalisateur : Pierre Bischoff, sous la coordination de François Mangenot

Conseillers scientifiques : André Schaaf ; Hubert Whitechurch ; Jeannot Trampert

Comité scientifique : Jean-Michel Berard, inspecteur général de physique ; Jacques Bodineau, ENS Cachan ; Paul Caro, délégué aux affaires scientifiques, CSI La Villette ; Jean-Yves Daniel, inspecteur général de physique ; Jean Defer, professeur de physique, IUFM d'Auteuil ; Francis Delineau, directeur CETAP-EDF ; Josette Fournier, professeur de chimie, IUT d'Angers ; Paul Gaillard, directeur de l'enseignement pédagogique, UTC Compiègne ; Rodolphe Legendre, directeur adjoint du CRDP de Strasbourg ; Pierre Joubert, professeur de physique appliquée, ENS de Cachan ; Robert Larue, inspecteur général, sciences de la vie et de la Terre ; Jean-Michel Lefour, professeur de chimie, École polytechnique ; Gérard Mary, professeur de physique, UFR sciences de Reims ; Marie-Christine Milot, DISTNB, ministère de l'Éducation nationale ; Hélène Ormières, DISTNB, ministère de l'Éducation nationale ; Jacques Pevet, DFP, EDF ; Francis Rumpf †, ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche ; Jacqueline Tinnès, présidente de l'Union des physiciens ; Jean Ulysse, président de l'Association des professeurs de biologie-géologie.

Entreprises et organismes : ambassade des États-Unis en France, service de presse ; Institut de physique du Globe de Strasbourg ; J.H. Woodhouse et A.M. Dziewonski ; crédits images CNRS audiovisuel ; agence France Presse ; ELF ; IFREMER ; ENERGY FILM LIBRARY ; ministère de l'Intérieur ; Sécurité civile ; CRDP de Strasbourg ; Jean-Clauve Sevette ; lycée Clémenceau de Nantes ; professeur Coudray, doyen de la faculté des sciences, université de la Réunion ; Messieurs Omez et Perier, ingénieurs à la DDE de la Réunion ; Monsieur Solage, Directeur du BRGM de la Réunion ; Messieurs Ricard, géochimiste, et Rachelery, vulcanologue, directeur de l'Observatoire vulcanologique

de La Fournaise ; Monsieur Haurie, géologue ; Maison du volcan, région Réunion ; RFO Réunion ; Sécurité civile, préfecture de La Réunion.

Pour les films *Tremblements de Terre*, *Sismographe*, *Tomographie sismique* :

• les auteurs : Christine Schaaf ; Jean-Louis Klein ; Marc Schwebel ;

• le réalisateur : Pierre Bischoff, sous la coordination de François Mangenot ;

• les conseillers scientifiques : André Schaaf ; Hubert Whitechurch ; Jeannot Trampert ;

Pour les films *Métamorphisme* et *Activité interne de la planète* :

• les auteurs : Sylvie Nicol ; François Haubertin ;

• la réalisation et les images : François Haubertin ;

• l'assistante de production : Jocelyne Fouché ;

• l'infographiste : Jean-Paul Kerbart ; la voix : Emmanuelle Rossignol ; la musique : Loïc Gourvennec ;

Pour le film *Tectonique des plaques* :

• les auteurs : Gérard Bonhoure ; Jean-Claude Sibuet ;

• le réalisateur : Pierrick David ;

• les infographistes : Guillaume Redois (2D) et Morgan Reitz (3D) ;

Pour les films Volcans et Risques naturels :

• l'auteur et réalisateur : Gérard Thiault ;

• la prise de vue : Jean-Pierre Vial ; la prise de son et le montage : Serge Soubaya ; l'infographie : Alix Vienne ;

• l'assistante de production et la voix off : Isabelle Lochet ;

Durée : 03 min 45 s

In situ, mode d'emploi

Chaque commentaire vous apporte de nombreuses informations importantes organisées selon les rubriques suivantes :

- Découpage : les temps indiquent les débuts des séquences.
- Objectifs : ce que vous apprenez avec ce film.
- Précisions :
  - sur la forme : pour mieux utiliser les quatre minutes ;
  - sur le fond : quelques explications sur certains choix des auteurs.
- Intérêts pédagogiques : un tableau pour connaître les niveaux (classes), les correspondances avec les programmes scolaires, le type d'utilisation en classe et surtout les points forts à développer.
- Informations complémentaires :
  - histoire et perspectives : un peu d'histoire des sciences ;
  - pour approfondir : des explications scientifiques et des schémas pour mieux comprendre le film ou pour aller plus loin ;
  - à voir : c'est l'arborescence, les films de l'encyclopédie qui sont directement liés au sujet.
- En fin de livret, un index vous permettra de connaître le film qui traite du mot clé que vous cherchez.

CONTENUS

Disciplines, classes et programmes

Quatrième

SVT

Première S

SVT

Textes de référence

Ministère de l'Éducation nationale, « Programmes des enseignements de mathématiques, de physique-chimie, de sciences de la vie et de la Terre, de technologie pour les classes de sixième, de cinquième, de quatrième et de troisième du collège. [en ligne], *Bulletin officiel spécial* n° 6 du 28 août 2008 [Page consultée le 11 mai 2009].

Ministère de l'Éducation nationale, « Sciences de la vie et de la Terre en classe de première de la série scientifique », *Bulletin officiel de l'Éducation nationale* [En ligne], hors-série n° 6 du 29 août 2002. [Page consultée le 15 mai 2009].

Objectifs du film

- Comprendre le principe du sismographe.
- Savoir distinguer les différents types d'ondes sismiques.

Mots clés

- Ondes de compression.
- Ondes de cisaillement.
- Croûte.
- Manteau terrestre.
- Noyau.

Découpage du film

00 min 09 s : Exploration : Description du sismographe.

01 min 04 s : Les différents types d'enregistreurs.

01 min 28 s : Explication : Les ondes de volume et de surface.

01 min 57 s : Les ondes P.

02 min 15 s : Les ondes S.

02 min 34 s : La propagation des ondes, un transfert d'énergie.

02 min 47 s : Application : Détermination de la structure interne de la Terre.

PRÉCISIONS

Sur la forme

Des animations expliquent le principe d'un sismographe et son fonctionnement. Elles permettent de distinguer les différents types d'ondes qui se propagent à partir du foyer ; elles renseignent sur leur origine. Les variations de vitesse de leur propagation sont reliées à la structure de la Terre. Des séquences filmées montrent un sismographe en action.

Sur le fond

Les animations sont des supports indispensables pour comprendre le fonctionnement des sismographes et l'origine des ondes enregistrées sur les sismogrammes.

INTÉRÊTS PÉDAGOGIQUES

Tableau 1 – Intérêts pédagogiques en fonction des niveaux disciplinaires

Niveau	Thèmes de la leçon	Types d'utilisation	Points forts à développer
4e SVT	Étude des séismes	• Illustration • Compréhension	• Reconnaître les différentes ondes • Différencier les couches successives de la Terre grâce aux variations de vitesse des ondes sismiques
1re S SVT	Les apports de la séismicité	• Révision des acquis • Illustration	• La séismicité et la structure du globe

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Histoire et perspectives

Les débuts de la sismologie instrumentale sont dus au Chinois Chang Heng qui inventa en l'an 136 le sismoscope, appareil permettant de détecter les tremblements de Terre. Il était constitué d'un récipient de 3 m de hauteur dans lequel était suspendu un grand balancier relié par des leviers à huit dragons orientés dans toutes les directions et portant une boule dans leur gueule. Tout mouvement du sol faisait osciller le balancier, qui déclenchait l'ouverture de la gueule d'un des huit dragons : ce dernier lâchait sa boule, qui tombait dans la bouche d'une grenouille située au-dessous, ce qui indiquait la direction de la secousse.

Une autre tentative fut réalisée en 1703 par Jean de Hautefeuille au moyen d'un récipient rempli de mercure qui s'écoulait en plus ou moins grande quantité par l'un des multiples becs verseurs dont l'appareil était doté, indiquant ainsi la direction et l'intensité du séisme.

L'invention du premier sismographe revint à l'ingénieur anglais John Milne vers 1880.

Le pendule à balancier de l'Allemand Ernst Von Rebeur Paschwitz réalisa le premier enregistrement à distance d'un séisme du Japon à Postdam, le 17 avril 1889.

Richard Oldham, géophysicien britannique, chercha à interpréter les sismogrammes et distingua les trois grands types d'ondes qu'ils présentent, dont il détermina les vitesses respectives. Les stations sismologiques allaient alors se multiplier pendant que les appareils évoluaient.

En 1906, Boris Galitzine inventa le sismographe électromagnétique. Ce dernier allait être perfectionné, jusqu'à atteindre une grande sensibilité. Initialement destinés à enregistrer les secousses destructrices, les sismographes allaient rapidement être utilisés à des fins géophysiques pour l'étude du globe en profondeur : l'échographie

sismique, qui aboutit à un modèle de la structure interne de la Terre (*cf.* Activité interne).

Une discipline récente, la tomographie sismique, a permis de mettre en évidence des mouvements de matière à l'intérieur du globe. Elle est fondée en grande partie sur l'utilisation de la propagation des ondes de surface. À la suite de forts tremblements de Terre, certaines de ces ondes ont une grande période : elles s'étendent alors en profondeur. Cette sismologie « grande période » n'a pu se développer qu'avec des sismomètres perfectionnés qui fournissent des données numérisées, mises sur bandes magnétiques, directement utilisables par les ordinateurs. On a pu ainsi déterminer des anomalies de vitesse dans le manteau supérieur, les ondes P étant toujours utilisées pour l'étude du manteau inférieur et du noyau. Ces progrès ont exigé la multiplication des sismomètres classiques et « longue période », et leur organisation en réseaux. Ce furent d'abord les réseaux américains chargés de détecter les explosions nucléaires dans les années 1970 (LASA dans le Montana et NORSAR en Norvège). Les chercheurs bénéficièrent de cette chance exceptionnelle pour leurs investigations. Mais ces installations furent réduites en raison de leur coût. Actuellement, 1 500 laboratoires permanents, disposant de sismomètres classiques courte période, envoient leurs données à l'I.S.C. (*International Seismological Center*) à Londres, qui centralise les informations et les distribue sous forme de bulletins ou de bandes magnétiques à toutes les stations. Les stations équipées de sismomètres numériques pour les ondes de surface sont groupées en réseaux : U.S.G.S. (*U.S. Geological Survey)* ; I.D.A. (*International Deployment of Seismometers)*, GEOSCOPE de l'I.N.S.U. G.D.S.N. (*Global Digital Seismograph Network*). L'Institut national des sciences de l'univers, programme français, compte 15 stations fonctionnant depuis 1983. Il utilise des séismomètres d'une technicité d'avant-garde. Tous ces réseaux de sismographes digitaux à large bande ont été fédérés en 1986, seule solution pour obtenir des images d'une bonne résolution.

Pour approfondir

La mise en évidence d'une discontinuité, le Moho

Elle est due à un géophysicien yougoslave, Mohorovicic, qui est à l'origine du réseau de sismographes installés dans son pays au début du siècle. En 1909, il enregistra, à sa station de Zagreb, un séisme provenant de la localité de Pokuspsko, située plus au sud, dont le foyer était à 40 km de profondeur. Quelle ne fut pas sa surprise en voyant s'inscrire sur son sismogramme, à la suite d'un premier train d'ondes P et S, un nouvel enregistrement des mêmes ondes… Il en déduisit que ces ondes avaient été réfléchies et réfractées sur une surface séparant deux couches de la terre aux propriétés différentes. Selon sa formule : « Une discontinuité sépare la croûte de ce qu'il y a en dessous. »

De nombreux calculs lui permirent de confirmer cette discontinuité, qui sépare la croûte du manteau supérieur. On constata par la suite que si la distance séparant le foyer de la station était supérieure à 135 km, les ondes réfractées arrivaient avant les ondes directes. Elles se propagent donc dans un milieu où la vitesse est plus rapide. Comme celle-ci croît avec la densité, elle est plus forte dans le manteau que dans la croûte (*cf.* figure 1). Des études analogues permirent ensuite de découvrir d'autres discontinuités, et d'établir que la Terre était constituée de plusieurs sphères emboîtées.

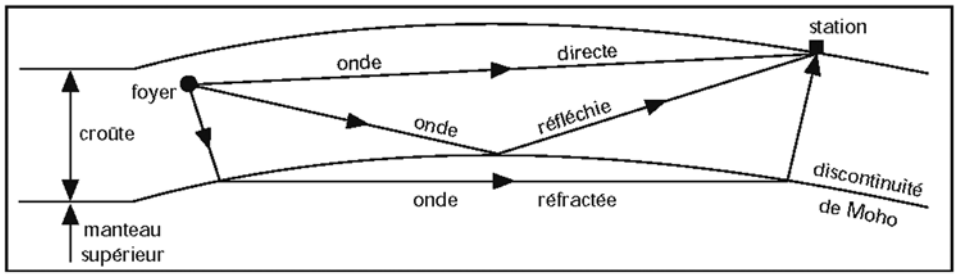

Figure 1 - Sismographe

À voir

- Tremblements de Terre.
- Tomographies sismiques.

Documentation

DERCOURT J. et PAQUET J., *Géologie : objets et méthodes,* Dunod, coll. « Sciences sup. », 2002.

ULYSSE J. (dir.), *Comprendre et Enseigner la planète Terre*, Ophrys, 2003.

GOGUEL J. (dir.), *Géophysique*, Gallimard, cols. « Encyclopédie de la Pléiade », 1971.

Index

Mots clés	Films (volume 1 ou volume 2 de cette série)
Affleurements	Carte géologique
Aléas	Risques naturels
Altération chimique	Érosion terrestre
Argiles	Sédiments et roches
Calcaires	Érosion terrestre/sédiments et roches
Carottage	Forage
Chambre magnétique	Volcans
Collisions	Tectonique des plaques
Cône volcanique	Volcans
Convection	Activité interne de la planète
Courants de convection	Tomographie sismique
Cristallisation	Sédiments et roches
Cristaux	Microscope polarisant
Croûte	Sismographe/tectonique des plaques
Datation	Carte géologique/forage
Déclinaisons magnétiques	Boussole
Déforestation	Érosion terrestre
Derrick	Forage
Dorsales	Tectonique des plaques
Échanges thermiques	Activité interne de la planète
Environnement	Carte géologique
Épicentre	Tremblements de terre
Érosion mécanique	Érosion terrestre
Éruption	Volcans
Faille	Satellites et géologie/carte géologique/tremblements de terre
Filtre polarisant	Microscope polarisant
Fossiles	Sédiments et roches
Foyer sismique	Tremblements de terre
Gisements	Ressources du sous-sol
Gneiss	Métamorphisme
Gradient géothermique	Forage
Granite	Érosion terrestre
Hautes pressions	Métamorphisme
Hautes températures	Métamorphisme
Images satellitales	Satellites et géologie
Inversions magnétiques	Boussole
Isotropie	Microscope polarisant
Lave	Volcans
Lithosphère	Tectonique des plaques/activité interne de la planète
Lumière polarisée	Métamorphisme, microscope polarisant

Mots clés	Films (volume 1 ou volume 2 de cette série)
Magma	Volcans
Magmatismes	Tectonique des plaques
Magnétisme terrestre	Boussole
Magnétosphère	Boussole
Manteau terrestre	Volcans/sismographe/tectonique des plaques/activité interne de la planète
Minéralogie	Microscope polarisant
Minéraux métamorphiques	Métamorphisme
Noyau	Sismographe/activité interne de la planète
Ondes de cisaillement	Sismographe
Ondes de compression	Sismographe
Ondes sismiques	Tomographie sismique
Orbite	Satellites et géologie
Pendage	Carte géologique
Pétrole	Ressources du sous-sol
Plaques	Tomographie sismique
Plis	Carte géologique
Pôle magnétique	Boussole
Radioactivité	Activité interne de la planète
Réfringence	Microscope polarisant
Ressources minérales et énergétiques	Ressources du sous-sol
Risques	Risques naturels
Roches	Ressources du sous-sol
Sables	Sédiments et roches
Schistes	Métamorphisme
Séismes	Tremblements de terre/tomographie sismique/tectonique des plaques
Subduction	Tectonique des plaques
Tectonique	Satellites et géologie/tremblements de terre
Télédétection	Satellites et géologie
Trépan	Forage
Verre	Microscope polarisant

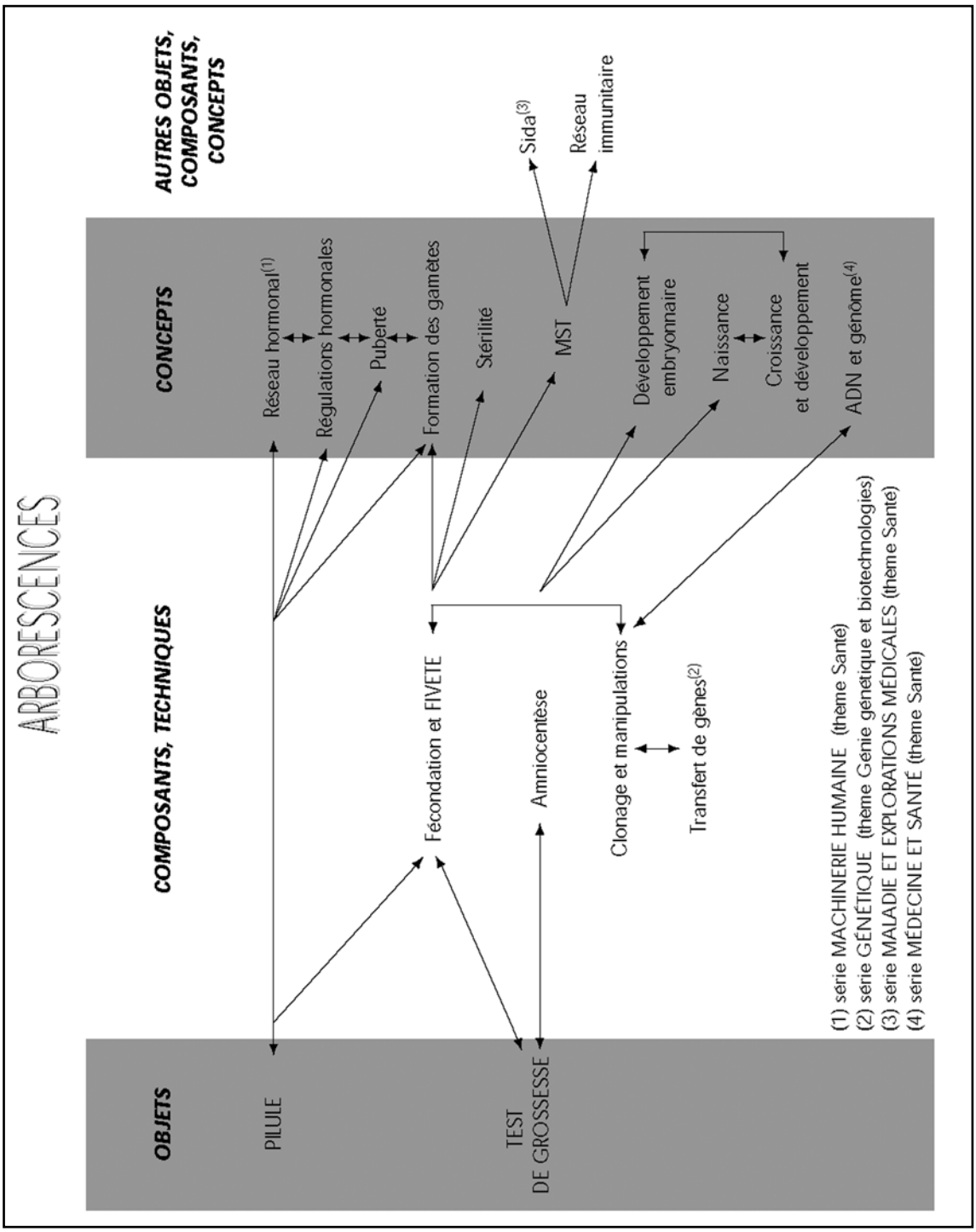

Figure 2 - Arborescences de la vidéo

In situ, Encyclopédie audiovisuelle des sciences et des techniques

À l'heure de la communication, la technologie apparaît dans tous les domaines (industrie, environnement, santé, recherche… et confort de l'Homme). De nombreux appareils font partie intégrante de notre quotidien, à tel point que nous ne les remarquons même plus ! Des découvertes très importantes ou des phénomènes naturels nous sont souvent rapportés, sans que nous puissions en mesurer la véritable portée par manque d'information. Un vocabulaire propre à la description de ces éléments, ou événements, peut pourtant être compris et utilisé par quiconque.

L'encyclopédie audiovisuelle des sciences et des techniques a donc été conçue pour tout esprit curieux qui souhaite en savoir plus sur tout ce qui l'entoure. Pour un sujet, un film explique la signification des termes ou mots clés qui s'y rapportent. Chacun d'eux est donc une entrée à la compréhension et à l'apprentissage des sciences et des techniques, qu'elles appartiennent au passé, au présent ou au futur.

Chaque film, de 3 à 4 minutes, est donc conçu pour explorer, expliquer les mots clés, à travers un objet, une technique ou un concept scientifique. Ainsi, chaque titre propose :

- des rappels ;
- des définitions ;
- des explorations pour mieux comprendre un fonctionnement ;
- des animations pour représenter des phénomènes complexes ;
- des découvertes et des applications ;
- un historique (sauf pour quelques titres) ;
- un renvoi aux autres films de l'encyclopédie directement liés au sujet.

Tous les films ont été mis au point par une équipe composée de chercheurs, techniciens et pédagogues. À terme, la collection comprendra 310 films. Leur principe de base : l'utilisateur doit pouvoir accéder à l'information scientifique par différents mots clés qui correspondent soit à un objet, soit à un composant, soit à un concept. (*cf.* les arborescences, p. 15 et p. 17). Pour chaque série, un index regroupe tous les mots clés avec le(s) film(s) correspondant(s).

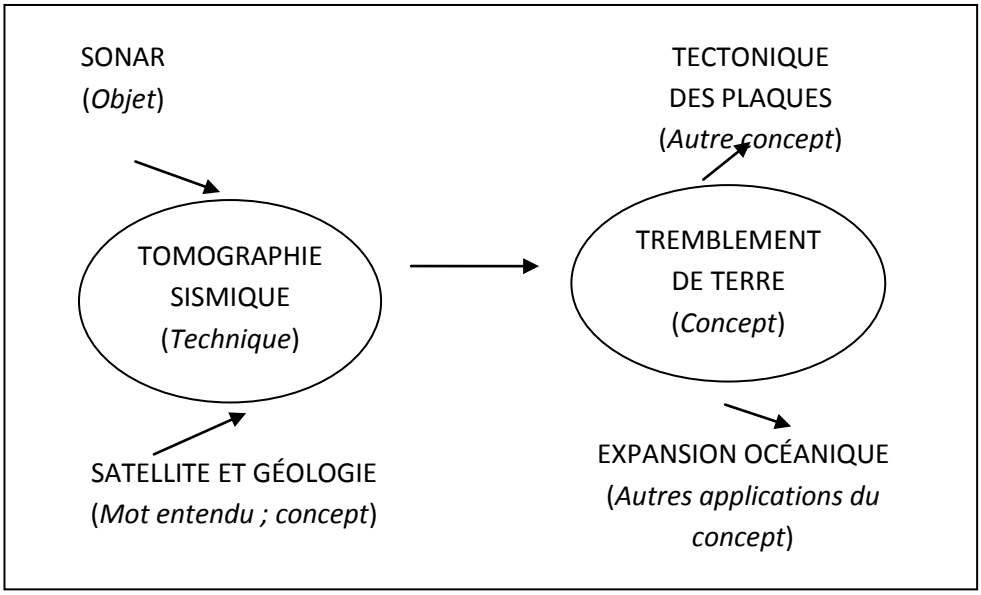

Figure 3 - Exemple d'arborescences de l'Encyclopédie audiovisuelle des sciences et techniques

Vous trouverez la bibliographie
dans l'espace « Ressources réservées aux abonnés »,
dans la rubrique « Ressources complémentaires »

Livret rédigé par Thérèse Moreau, Bernard Msihid,
sous la direction de Guy Simonin, de Jacques Bosc et de Roger Foucher.
© Hachette-Livre, 1997/CNDP, 1997
Références aux programmes actualisées par Stéphanie Flaesch
© SCÉRÉN-CNDP, 2009
Tous droits d'exploitation et de reproduction réservés au CNDP et à Hachette.